

地震活动性的详细研究方法

В. И. 布内等

科学出版社



В. И. БУНЭ, М. В. ГЗОВСКИЙ, К. К. ЗАПОЛЬСКИЙ,
В. И. КЕЙЛИС-БОРОК, В. Н. КРЕСТНИКОВ,
Л. Н. МАЛИНОВСКАЯ, И. Л. НЕРСЕСОВ, Г. И. ПАВЛОВА,
Т. Г. РАУТИАН, Г. И. РЕЙСНЕР, Ю. В. РИЗНИЧЕНКО,
В. И. ХАЛТУРИН

МЕТОДЫ ДЕТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ

Труды института физики земли им. О. Ю. Шмидта № 9 (176)

Изд. АН СССР

Москва 1960

内 容 简 介

本书共分九章,它总结了苏联塔吉克综合地震考察队,在加尔姆地区进行详细研究地震活动性的工作成果。前三章介绍了工作地区的概况及其所使用的仪器,并较详细地介绍了对所获得的资料进行整理的方法。本书以较长的篇幅探讨了地震能量和震源问题,并详尽叙述了工作地区的震情。最后两章作者从大地构造角度,分析了工作地区地震活动的原因。在总结部分中,作者指出进一步进行详细研究地震活动性的方向和地震预报问题。

本书可供地震科学研究人员和有关高等院校师生参考。

地震活动性的詳細研究方法

В.И. 布内等著

谢毓寿译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 117 号

北京市书刊出版业营业登记证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1965 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/18

1965 年 8 月第一次印刷 印张: 15 1/3 插页: 4

印数: 0001—1,300 字数: 353,000

统一书号: 13031·2161

本社书号: 3293·13—15

定价: [科七] 2.20 元

序

这本书是阐述詳細研究地震活动性方法的专著，介绍了苏联科学院大地物理研究所与塔吉克加盟共和国科学院塔吉克綜合地震考察队于 1955—1957 年間所作工作的主要結果。

甘布尔采夫(Г. А. Гамбурцев)院士奠定了研究的基础。他自塔吉克綜合地震考察队成立起，直至 1955 年 6 月 28 日逝世止，一直是該队的队长和学术指导。他的观点在塔吉克綜合地震考察队以后工作的一切重要方面得到了实现和发展。

在完成所述的研究中，上述两研究单位及其他苏联的許多加盟共和国的机构的大量工作人員参加了工作。

书中叙述了进行詳細研究所使用的地震仪器；闡明了在地震勘探經驗的基础上創造出的大量确定震源位置的新方法与根据用台网觀測地震确定地壳构造的詳細方法；引用了这些測定的某些結果；叙述了考虑到特別是在震中区具有极为重要影响的能量扩散与吸收的确定地震能量的方法；分析了地震时振动的卓越頻率对震源地震能量的依賴关系；叙述了选頻地震仪和用此仪器所取得的某些結果；給出了由統計整理所得資料确定加尔姆地区震源动力参数的結果；估計并計算了震源范围和錯动的大小与地震能量的关系；探討了研究震情的方法，并叙述了应用該法整理加尔姆和斯大林納巴德地区地震活动性觀測資料所得的結果；探討了加尔姆地区的地質构造及其发展史；最后对比了所研究地区的地震活动性的空間分布和地質-大地构造情况。

本书各章的作者分別为：引言和第一章，涅尔謝索夫(И. Л. Нерсесов)和里茲尼欽科(Ю. В. Ризниченко)；第二章，涅尔謝索夫；第三章，涅尔謝索夫和勞季安(Т. Г. Раутиан)；第四章，勞季安；第五章，扎波利斯基(К. К. Запольский)和哈尔图林(В. И. Халтурин)；第六章，克伊利斯-博洛克(В. И. Кейлис-Борок)、馬林諾夫斯卡婭(Л. Н. Малиновская)、巴甫洛娃(Г. И. Павлова)和哈尔图林；第七章，布內(В. И. Бунэ)、涅尔謝索夫和里茲尼欽科；第八章，格佐夫斯基(М. В. Гзовский)、克列斯特尼科夫(В. Н. Крестников)和列伊斯奈尔(Г. И. Рейснер)；和第九章，布內、格佐夫斯基、克列斯特尼科夫和涅尔謝索夫。

負編輯总責的里茲尼欽科，也編写了本书的某些章节中的个别部分。

最常用的符号一览表

$\bar{V}$ ——地震仪放大率	内通过参考球面的能通量)
t_z ——弹性波沿铅垂面的走时	E_0 ——震源的地震总能量 (全部振
t_0 ——发震时刻	动时间内通过震源表面的能
P, S ——不指明传播途径的纵波和横	通量)
波	K ——地震的能级 ($K = \lg E$ 焦尔)
P_1, S_1 ——地壳中传播的纵波和横波	τ ——振动的持续时间
P_2, S_2 ——在莫霍界面上折射, 并在地	R ——参考球的半径
幔中传播的纵波和横波	f ——振动的频率
P_{11}, S_{11} ——反射纵波和横波	λ ——波长
P_{12}, S_{12} ——纵首波和横首波	A ——震波图上的振幅
$V_{P, S}$ ——纵波或横波的传播速度	N ——某一时期内的地震重复率
V_e ——有效速度	N_* ——地震密度
V_m ——平均速度	N^* ——地震重复率密度
V_ϕ ——虚波速度	$\bar{N}^*$ ——平均地震重复率密度
H ——地壳厚度	$\bar{N}$ ——一定时期内的平均地震次数
h ——震源深度	γ ——重复率曲线的斜率
Δ ——震中距离	A ——地震活动度
r ——震源距离	R ——地震重复率的离散度
M ——震级	W ——震源地震能通量强度
E ——观测点弹性波能通量密度向	σ ——均方偏差
量 (伍莫夫向量)	δ ——相对偏差
ϵ ——能量密度 (全部振动时间内	ϵ ——假想形变 (按本尼奥夫)
单位面积上的能通量)	$\text{grad } V$ ——竖直向大地构造运动的速度
E ——弹性波能量 (全部振动时间	梯度

目 录

序	iii
最常用的符号一览表	x
引言	1
提出研究的经过	1
第一章 概論	4
工作地区	4
地形	4
关于大地构造的一些情况	7
最大的地震	7
地震台的分布	9
第二章 地震仪器	11
§ 1. 标准地震仪器	11
基本的地震仪器	11
辅助仪器	15
授时服务	17
§ 2. 新仪器的创制	17
第三章 地壳的结构和地震观测记录的整理方法	20
§ 1. 水平时距曲线	20
水平时距曲线的绘制方法, 运动学	20
相遇和追逐时距曲线	25
差值时距曲线与地壳构造	28
斯大林纳巴德—伏龙芝方向上的综合实验时距曲线	28
各类波的振幅特征	29
§ 2. 竖直时距曲线	34
理论时距曲线量板	34
计算程序	38
用理论时距曲线量板确定深度和速度的精确度	38
加尔姆地区的竖直时距曲线	40
帕米尔—兴都库什地带的竖直时距曲线	43
§ 3. 确定地震震源位置的方法	46
确定震源坐标方法的一般评述	46
均匀介质情况下的等时线法	47
非均匀介质情况下的等时线法	48
加尔姆地区的等时线量板	51
利用不同类型地震波的量板	53
用于深地震的量板	54

等时线量板法的精确度	55
第四章 地震的能量	59
§ 1. 地震能量分级的主要基础	59
基本定义	60
§ 2. 观测点能量密度的计算	63
简化的假设	63
频率的确定	64
振幅的确定	65
振动持续时间的确定	66
测定能量密度的精确度	67
§ 3. 地震波随距离的衰减	69
关于衰减的经验数据	70
衰减曲线上点的分散	72
地震波传播方向与衰减之间的关系	72
地震波的衰减与地震能量的关系	73
其他作者在不同地区获得的关于衰减特性的资料	74
当震源距离小时,能量的扩散和吸收在总的能量衰减中所起作用的估计	74
§ 4. 计算地震能量的图解法	77
基本列线图	77
地震总能量的标度	80
振幅列线图	81
§ 5. 各种能量分级的比较	83
按古登堡公式得出的能量	83
按伽利清法 ^[56] 得出的能量	84
相对的震级 M 标度	85
§ 6. 等能量线的形状	87
衰减不同的影响	88
震源形状与大小的影响	89
衰减取决于方向时伸长震源的等值线	90
第五章 地震振动的频率	92
§ 1. 利用宽频带仪器研究地震振动频率的可能性	93
卓越频率与波谱极大值位置之间的关系	93
§ 2. 确定卓越频率的原始资料与方法	95
原始资料的选择及其整理的原则	95
频率区间与动力学区间	96
测量的方法	97
频率测量的精确度	97
§ 3. 卓越频率与地震能量的关系	98
根据一系列强、弱余震得出的 $f(E)$ 关系	98
弱震的 $f(E)$ 关系	99
地震时振动卓越频率的离散	101
安置台站地点的条件之影响	103
松土的影响	104

震源在沉积层不同位置上的地震的 $f(E)$ 关系	106
与破坏性地震振动频率数据的比较	108
§ 4. 选频测震仪器	110
选频台的工作原理	111
УИСС-1954 型选频地震台	111
地震记录通路的主要环节	112
选频台的频率特性	116
§ 5. 选频地震台的观测和资料的整理方法	118
观测的方法	118
整理的方法	118
§ 6. 用选频地震台研究地震时振动频率的结果	119
不同震源带的地震的频率谱	119
振动频率与震源深度的关系	121
振动频率与地震强度的关系	124
振动频率与震中距离的关系	125
在不同震中距离下纵波与横波频率的比值	126
有感地震时位移、速度和加速度的绝对波谱	127
第六章 震源	130
§ 1. 从应力场出发,对震源特征的估计	130
问题的提出	130
应力	131
位移	132
能量	133
二维问题	134
断裂的面积和错动值的计算	135
§ 2. 根据某些经验规律估计震源的大小	137
能量的估计	137
按波长来估计	138
按最大应力和形变来估计	139
按最大振幅来估计	143
按不同估计方法所得震源大小的比较	143
震源地方错动的估计	144
§ 3. 确定地震震源动力参数的方法	144
实用的解释方案	145
分析观测系统问题的提出	146
分析方法	146
观测系统的特征	147
§ 4. 加尔姆地区地震的震源动力参数	149
原始资料的特征	149
结果	151
整个加尔姆地区资料的总结	152
彼得一世山脉地区资料的总结	154

测定加尔姆地区地震的震源动力参数总评	154
第七章 震情	155
§ 1. 问题的现状	155
地震活动性时间变程的研究	155
长期平均地震活动性规律的研究	156
§ 2. 震情的一般概念及其主要特征	157
地震密度	157
地震重复率	159
重复率曲线及其参数 λ 和 γ	159
地震震源的地震波能量密度	160
地震重复率的离散度 R	162
§ 3. 解释方法	163
震情时间变程的分析	163
地震重复率按能量分布的分析	166
震情起伏的分析	166
§ 4. 加尔姆地区的震情	177
地震重复率特征的研究	178
确定地震重复率特征参数的稳定性的估计	183
震情时间变程的研究	186
§ 5. 斯大林纳巴德地区的震情	193
地震重复率特性的研究	193
震情时间变程的研究	197
进一步研究斯大林纳巴德地区震情的途径	198
第八章 加尔姆地区的地质发展史和现代构造	200
§ 1. 加尔姆地区地质构造的形成和阿尔卑斯期构造运动史	200
三迭纪和侏罗纪	200
白垩纪	205
古新世和始新世	206
渐新世和晚第三纪	206
第四纪	208
§ 2. 加尔姆地区的现代构造	213
古生代建造的内部结构	213
古生代建造上界面的形状	213
中生代和第三纪沉积的内部结构	217
中生代和第三纪沉积上界面的形状	219
本区现代构造的一般情况	221
§ 3. 阿尔卑斯构造形成的机制	223
构造带运动方向改变的构造结果	223
微弱的派生水平挤压的标志	224
形成褶皱的机制	226
横断裂的形成	227

构造带的形状·····	227
第九章 地区的地震活动性及其与大地构造的对比·····	228
§ 1. 震中图·····	228
震中图的作法·····	229
综合震中图的一般特征·····	230
1955 和 1956 年内震中图的比较·····	231
加尔姆地区·····	234
斯大林纳巴德地区·····	236
§ 2. 地震活动度图·····	238
编制地震活动度图的方法·····	238
加尔姆和斯大林纳巴德地区地震活动度图·····	239
地震活动度图的运用·····	241
§ 3. 加尔姆地区的地震活动性与其大地构造的对比·····	243
加尔姆地区高地震活动性的地质原因·····	243
地震活动性与断裂带的关系·····	245
定性对比的缺点·····	245
§ 4. 加尔姆地区地震活动性与构造运动速度梯度的对比·····	246
垂直构造运动速度梯度的确定·····	246
加尔姆地区第四纪构造运动平均速度梯度与现代地震活动度的对比·····	248
加尔姆邻近各地区的地震活动性与大地构造的比较·····	253
总结·····	256
参考文献·····	257

引 言

当在科学面前出现了需要提出与解决新的重大问题的时候，或需要更有效地解决老问题的时候，必然要创造新的、并改进现有的研究方法。现代地震学便处于这样的境地，生活本身向地震学提出了两个在科学与实践上都头等重要的问题：(1)具有更客观定量观点的地震区域划分的地球物理依据和方法的改进；(2)寻找预报强烈地震的途径。对于国民经济来说，这两个问题大概是整个地震学中最重大的问题。

具有综合性特点的这两个问题，都需要利用地震、地质及其它方法；应用理论与实验，利用实验室与野外观测。当然，它们首先要求直接在发生地震的地区，即震中带，对地震本质的特点进行系统的详细观测与研究。研究方法的制定与改进便是本书叙述的对象；至于上述两个问题的解决，则已超出了本书的范围。

提出研究的经过

苏联、美国(加利福尼亚)、日本等国的地震学家曾不只一次地从事于研究一定震中带的地震活动性。这里所叙述的研究是苏联过去在这方面的工工作向更详细方面发展的有机继续。

苏联过去只是不持续地、以组织季节性的短期考察队的方式在个别地震活动区范围里、在不太大的面积上进行过详细研究。这样的工作已经实践了几十年；不过1948年阿什哈巴德发生了破坏性地震之后，其工作量与规模都有了很大的增加。

近十年来，这类工作的主要任务是订正个别特别活动地区的地震活动性资料。这些资料是用来阐明地震与活动的大地构造单元间的关系、地震区域的划分、订正固定台网据以确定震中与震源深度的区域时距曲线等等。

这样季节性的研究，规模最大的地区例如：阿什哈巴德(Ашхабад)地区和土库曼西部、高加索阿哈耳卡拉基[Ахалкалаки 即札瓦赫特(Джавахет)]高原和舍马哈(Шемаха)震中带、以及塔吉克加盟共和国加尔姆(Гарм)地区。特别要提出苏联科学院地球物理研究所(大地物理研究所的前身)加尔姆考察队的工作，在它的基础上后来组成了塔吉克综合地震考察队。加尔姆考察队的活动在许多文章与报告中都有详细记载^[1-6)]。考察队的工作总结见该队队长彭契科夫斯基(В. Ф. Бончковский)教授的文章^[8]。

季节性工作的结果，选定了适合于在震中地带进行地震观测的仪器类型(哈林式区域地震仪和一套甘布乐采夫式高频地震仪等)。在这种研究的基础上创造了所谓研究地震的对比法(КМІЗ)，提高了观测解释的精确度(如在详细工作中确定当地地

1) 加尔姆考察队 1948—1953 年的报告见苏联科学院地球物理研究所档案材料。

震震源的精确度是2—5公里,而一般台网只能保证到20—50公里的精确度),得到了若干地区[高加索的博格达诺夫卡(Богдановка)与舍马哈地区,土庫曼西部与阿什哈巴德地区等]的詳細地震活动图。由于那时还没有研究出地震活动性的定量标志,这些研究的弱点一般在于对结果仅作了定性的解释。

季节性的考察队研究曾经是、而现在仍然是研究各地区现代地震活动性的重要手段。但为了研究地震的本质,则单靠这样的研究是不够的。缺点在于季节性的研究仅能找出发生在一定区域里的长期地震过程的个别阶段,这个阶段甚至与我们熟悉的强烈地震平均重复周期相比还嫌短;这就没有可能一步一步地、追溯到在该地区进行着的、空间与时间上互有联系的各地震过程的发展,不可能获得关于该地震情(сейсмический режим)的完整概念。只有组织长期考察队进行連續观测才能消除这个缺陷。

利用区域地震台网的观测,从时间上說不間断地研究个别地区的地震,在苏联和其他許多国家早就已进行了,至今也还在进行着。但是这种台网的資料主要包括相当强的地震;这些强震不常发生,因而对它们的研究是有困难的。此外,根据区域台网的观测所得出的地震空间分布情况的精确度不高,往往还不足以可靠地与地质结构和构造发育的区域特征,以及当地地球物理場和地球物理过程进行对比。组织不只长期的而且更为詳細的地震观测可以消除这个缺点。

特別应着重指出,詳細观测的优点在于它不仅能研究不常发生的强烈地震,而且还能研究数量比强震多許多倍的微弱地震。研究能量区间相当寬的、包括弱震的全部地震,在原則上可以提出闡明不同能量地震的分布規律問題。此外,在不太大面积上的微弱地震本身,有时可作为发生在較大区域的較强地震过程的模型来看,这便有可能在合理的限度下外推所探明的規律性。研究地震的这种途径可以大大加速查明地震过程的一般規律,其中也包括对于实际最为重要的强烈地震发生的規律。

根据这些理由,非常明显,为了要研究地震的本质,必需建立这样的观测系統,它可以在时间和空间上足够連續地研究地震过程,要比普通区域地震台网有更高的精确度和詳細程度,以及更寬的地震能量区间。这些原則最先是由甘布尔采夫于1953年10月間在斯大林納巴德(Сталинабад)召开的苏联科学院地震委员会會議上的报告中提出的^[9,10]。

根据苏联科学院地震委员会的決議,为了执行他所拟定的工作計劃,1954年2月間成立了长期性工作的塔吉克綜合地震考察队。除了苏联科学院地球物理研究所之外,塔吉克加盟共和国科学院地震研究所也参加了共同开創这个考察队的工作。在考察队工作的各个阶段里,苏联及其加盟共和国的一些其它机构的工作組和个别成員有时参加了工作。几个参加塔吉克綜合地震考察队的机构之間的合作頗有成效,并大大促进了該队任务的順利完成。在考察队进行工作时,特別是在該队的組織期間,塔吉克加盟共和国共产党中央委员会和部长會議給了很大的帮助。自1955年起,塔吉克綜合地震考察队的队长为涅尔謝索夫,学术指导为里茲尼欽科。

考察队的第一任队长和学术指导甘布尔采夫所拟訂的考察队总的工作計劃,在

以后的全部时期仍未失去其意义,当然个别方面曾不只一次地作了修订和发展。

自开始活动起,所组织起来的考察队的总任务就是研究地震的本质——它们的特点和发生的条件。开始时候,为解决这个问题运用了各种各样的地球物理及地质方法。以后保留了其中一些在具体条件下最有前途的方法。这就是地震学与地质学的方法。

由于工作总的性质是新颖的而工作量是异乎寻常的(在不大的区域每年要“整理”好几千个不同强度的地震),为了适应解决新的问题,考察队的工作人员重新研究了,从几何地震学的基本体系到地震的动力学与统计学方法等、地震学在地震观测与整理方面的几乎全部传统方向和方法。在1955至1958年期间地震工作是从以下几方面进行:(1)以一定的精确度大量测定震中和震源深度以及地震的发生时刻;(2)研究有地震过程在进行的介质的结构;(3)大量确定震源的地震能量和研究地震振动能量随震源距离衰减的特征,以及地质条件和传播方向的关系;(4)研究在不同震源距离、不同条件及不同能量地震下振动的波谱成分;(5)确定震源地地方震过程的机制,并查明它对地面的作用;(6)考察队工作最重要的部分是震情研究——确立与研究说明给定地区内全部地震在空间和时间内总的情况的简明指标。

1955—1957年结合地震研究系统地进行了地质和地貌工作,其主要任务是研究中亚细亚南部地震活动构造的发展史及现代大地构造运动。这些研究的重要特点是寻求构造运动的定量指标,这是建设性地有效地对比大地构造和地震活动性定量指标所必需的。

除了进行地震与地质互相配合的研究外,考察队还进行了新型仪器的创制和试用工作。

所有这些方面取得的结果分别叙述在本书以后各章中。这些结果中有关方法论方面,不仅对于详细研究中亚细亚的上述地区与邻近地区的地震活动性有意义,而且对于苏联的其它地区也有意义。可以期望,这些结果有助于确立现在正在探索的定量地震区域划分方法的地球物理基础,并将有助于阐明有希望解决预报强烈地震地点与时间的问题的一些途径。此外,考察队所取得的阐明塔吉克加盟共和国加尔姆和斯大林纳巴德地区以及苏联中亚细亚的其他一些地区的地震活动性分布细节的资料可能也具有独特的意义。

第一章 概 論

地震委员会在选择塔吉克加盟共和国的加尔姆和斯大林納巴德地区作为展开詳細研究地震工作的主要地点时,既考虑了科学又照顾了实际。一方面必須选择地震活动性高的地区,以保証列入計劃的任务可以在尽可能短的时间內完成。另一方面,希望这些工作在不久的将来,在研究計劃执行的过程中,能对国民經济提供有用的結果,而不必等到工作完成以后。为此,工作地区必須包括需要进行大規模抗震建筑,从而必須更明确而詳細地弄清地震活动性的区域。加尔姆和斯大林納巴德这两个地区总合起来,能很好地滿足科学与生活这两方面的要求。加尔姆地区是苏联地震最活动的大陆山区之一。而且,該地区人口稀少,因而工业与其它人为干扰比較少;地質露头好,便于勘查。

苏維埃塔吉克斯坦的首都(斯大林納巴德)及其近郊地区,地震活动性远比加尔姆地区为弱,在这里进行精密地球物理观测的干扰較多,但这里正在进行与設計大規模的水工、工业和住宅建筑,詳細研究它的地震活动性是个重要的实际問題。况且,加尔姆地区本身在不久的将来也将成为大型动力水工建筑的場地。

有可能把地震高度活动的加尔姆地区与毗邻的地震正常活动的斯大林納巴德地区进行对比,对于地震学來說也是具有头等重要意义的。其实用方面,在于有可能把根据加尔姆地区丰富的地震观测資料所总结的某些一般性規律,运用到由于地震較少、在同一时期內难以独立地足够明显地揭示类似的規律性的斯大林納巴德地区。

工 作 地 区

考察队的工作地区位于塔吉克加盟共和国的中部和西部。它在北緯 $38^{\circ}20'$ — $39^{\circ}30'$ 与东經 $68^{\circ}00'$ — $71^{\circ}30'$ 间呈东西向的帶形范围內(图1)。这个区域包括下列行政区:治尔加塔耳(Джиргаталь)、加尔姆、科姆索莫拉巴德(Комсомолабад)、奥比加尔姆(Оби-Гарм)、塔吉卡巴德(Таджикабад)、法伊查巴德(Файзабад)、奥尔忠尼启阿巴德(Орджоникидзеабад)、斯大林納巴德、沃尔佐布(Варзоб)和吉薩尔(Гиссар)。共和国的首都斯大林納巴德城位于研究地区的西部。

为了簡短起見,我們称研究地区的东部为“加尔姆”地区。那里居民点的数量不多,主要分布在一些大河谷里。与共和国首都相連的西部称“斯大林納巴德”地区,那里的居民比較稠密和均匀。

地 形

研究地区大部分是強烈割切的高山区,向西逐漸下降,大山脉轉变为低山与山前平原。考察队工作地区包括天山、帕米尔和塔吉克盆地三个中亚細亚最大的地貌单

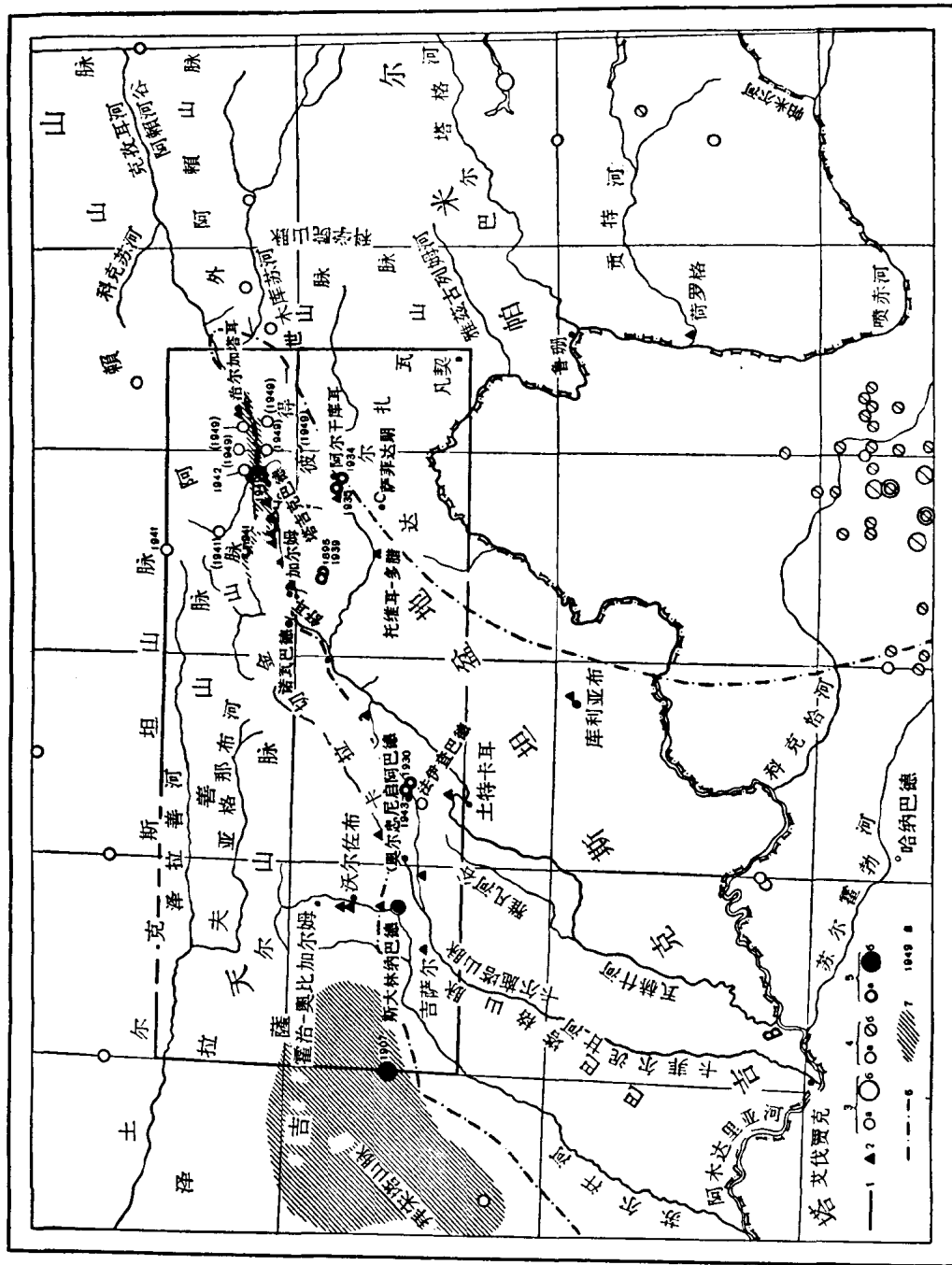


图 1. 工作地区和塔吉克综合地震考察队地震台分布图

1——工作地区的边界；2——地震台（台的全名见表2）；3——震中（取自苏联地震活动性图册）；4——震源深度：a——在地壳中，6——在地壳下；5——根据宏观地震调查定出的主要地震的震中烈度；a——自接近于8度起至9度，6——高于9度；6——塔吉克盆地的边界；7——本区最强地震的8度等震线所包围的地段；8——地震的年份，括弧中是余震。

元各一部分，因而也就自然地分成了三个部分。

第一部分属于天山西南部的山系，呈带形，沿着研究地区的北界自西南向东北伸延。在这部分范围之内，有阿赖山脉的西稍，并由它向马特恰山块分出了北边向西伸延的土尔克斯坦山脉和南边的泽拉夫善山脉。马特恰山块、土尔克斯坦和泽拉夫善山脉的高度为海拔 5,000 米以上。其次是属于天山山脉的最南边的卡拉切金与吉萨尔山脉，两者高度均超过 4,000 米。卡拉切金山脉自阿赖山脉西稍往西南方向伸延，平行于卡拉切金山脉，是略微偏西伸延着自泽拉夫善山脉东段分出的吉萨尔山脉的东段。吉萨尔山脉的西段具有东西走向，平行于泽拉夫善山脉，逐渐降低的拜宋山脉自吉沙尔山脉西端向西南伸延。

上述天山西南部最主要的一些山脉具有异常复杂的地形，每条都是由不同方向的山脉和谷地所组成的系统。吉萨尔与卡拉切金山脉形状最为复杂，构成这两条山脉的较小山脉的顶峰，在许多地方可以认为构成向南缓倾的平面。其中某些山脉具有平坦的高原状顶峰。吉萨尔和卡拉切金山脉被雅格诺巴、索尔博加等大河所切割，构成了明显的峡谷、陡坡等巨大的地貌坎坡。

研究区的第二部分为帕米尔地区的东南一角。顶峰高达 4,000 米以上的达尔扎瓦山脉在这里自西南向东北伸延。往东南，在凡契（Ванч）、雅兹古列姆和科学院山脉中，以及往东北方向的彼得一世山脉东段，地形升高，且顶峰达到六、七千米以上。

第三部分是研究区的中部地区，它属于巨大的塔吉克山间盆地。其南半部位于阿富汗。国境线所在、且为阿姆河流过的盆地轴部，地形高度最小（300—600 米）。由此向北，地形一般升高，同时成为间以高达 2,000 米、有时稍高的山脉的宽阔谷地。这些谷地与山脉自南向北，稍偏东北向伸延。往天山方向接近时，谷地收拢而山脉展宽。离天山 10—30 公里处，山脉向东北急转，并相互联结起来。在它们的北端与天山之间，自西南向东北伸延着一条地形较低的地带。它由分布成链状的一个个宽阔平坦的谷地或高度比南北两边低的丘陵地段组成。苏尔汗河谷是最西面的一环，它位于塔吉克盆地西缘与拜宋山脉交界处的附近。再往东，吉萨尔谷地沿着盆地的北界伸延着，斯大林纳巴德位于其中央。几条河流在这个共同的谷地上有着不同的流向。更远处是往相反方向流的伊利亚克与奥比加尔姆河的上游谷地。研究区东部，加尔姆所在的瓦赫什河与苏尔霍勃河上游谷地属于同一条链子。

塔吉克盆地在苏联境内的那部分普遍向北上升，而且地形的高度与切割程度也自西南向东北增高、增强。结果，盆地的东北角具有山区地貌，绝对标高达 4,800 米，这便是彼得一世山脉的西半段。这些山脉的西北为苏尔霍勃河谷，而东南为奥比欣哥乌河谷。

彼得一世山脉的东半段虽然在地形上与西半段相连，但比西半段高得多，总的走向也不同。它已属于帕米尔山系。

整个来说，研究区地貌的特点是相对高度很大，侵蚀切割很强，因而很难通行。加以鲜明的大陆性气候条件，致使该地区露头很好。

关于大地构造的一些情况

工作区不同部分的大地构造是互不相同的,它反映出了該区复杂的地質发展史。在古生代,中亚細亚南部属于地槽区,即具有很大的活动性。后来,在中生代和大部分早第三紀,全区除帕米尔部分外,其他部分为海西期大地构造运动后形成的辽阔的較不活动的地台(海西期后地台)区所組成。研究区的属于現代塔吉克盆地的那部分,与同区下降較少的天山部分相比,以下降为主。帕米尔部分为地壳高度活动的阿尔卑斯-喜馬拉雅地槽区。

早第三紀末就开始了的中亚細亚、下一个发展阶段現在仍在繼續着。整个地区的大地构造运动重新又变得很激烈。研究区的天山西南部与帕米尔的部分地区为強烈地隆起地带,但运动的速度在時間上并不均匀,在不同地点也各不相同。为古生代岩石中的断裂所割裂、略微弯曲的岩块的位移起着主要作用。塔吉克盆地所在的地壳,某几处在下沉,另几处則在上升,不过比天山和帕米尔要緩慢得多。所以塔吉克盆地堆积了很厚的第三紀与第四紀沉积。沉积中可看到至今还在发展的許多褶皱。

因此,研究区在地貌上互不相同的三个主要部分具有不同的大地构造运动史和不同的現代构造。它們被伸展很深的巨大构造断裂带所隔开。其它地方也有大量断裂。由于这些,以及巨大和強烈的差异运动,整个地区具有高度的現代地震活动性。

最大的地震

考察队所选定开展詳細研究地震的地方,是一个完整的、并且与周围截然不同的地区。

在所有的綜合地震图上,該区強烈地震的震中异常密集。图1上表示出該地区与周围地区的強震震中。該图是根据苏联地震活动性图册編出的。图册中的地震按“震級”M分类(在考察队工作地区范围内的震中还标明了地震的烈度值)。这里震中主要分布在沿着天山南界自西南向东北伸延的地带中。在东部,与帕米尔的北部边界相接触。該带穿过斯大林納巴德,至其西南150公里与东北250公里处終止。該带还集中了数量特別多的較弱地震的震中。自工作区無論往那个方向,震中密度都減小。最近的其他震中密集区,远远地位于該区的东北边(在費尔干納河谷东部与沿河山脉中)和南边(兴都庫什的西北坡上)。在費尔干納(Фергана)密集区,強震震中的密度低于工作地区,而在兴都庫什則高于工作区^[1]。

研究区的所有強烈地震,震源都肯定在地壳范围里。在这方面,与費尔干納东部的地震有相似之处。兴都庫什的許多強烈地震的震源則位于地壳之下,深达200—300公里;因此与工作地区的震源有显著差別。

自19世紀末以来,該区内記到过12次強烈地震(表1)。除了表1中所列的強烈地震之外,在这期間还发生过許多較弱的烈度为7,6,或更低的地震。它們的震中通常实际上与強震震中相重,或聚积在它們附近。

表 1

日 期	地 震	烈 度	震 级*
1895年	第一个卡拉切金地震	8—9	—
1907年10月21日	第一个卡拉塔格地震	10	—
1907年10月27日	第二个卡拉塔格地震	9	—
1930年	第一个法依查巴德地震	8—9	5½
1934年	第一个阿尔干库尔地震	8—9	6
1935年	第二个阿尔干库尔地震	8—9	—
1939年	第二个卡拉切金地震	8	5½
1941年	加尔姆地震	8—9	6½
1943年	第二个法依查巴德地震	8—9	6
1949年	哈依特地震	10	7½
1950年 8 月 8 日	第一个托维耳-多腊地震	7—8	—
1950年11月17日	第二个托维耳-多腊地震	7—8	—

* 地震震级 M 根据索洛维约夫(С. Л. Соловьев)的资料^[13]。

从表中看出,强烈地震相隔几天至 12 年发生一次。在同一地点隔了 44 年(卡拉切金地震)、13 年(法依查巴德地震)、1 年(阿尔干库尔地震)、几个月[托维耳-多腊(Товиль-дора)地震]以至几天(卡拉塔格地震)重又发生强烈地震的情况都有。

在上述强烈地震中,以加尔姆、哈伊特(Хант)与一组以不同时间发生在斯大林纳巴德城周围的地震最值得注意。

1941 年 4 月 20 日的加尔姆地震,以加尔姆城东北 20 公里处烈度最大,达 8—9 度。在加尔姆,地震烈度估计为 7—8 度。七度等震线所包围的面积为 4,000 平方公里。地震时地面上出现裂缝,发生山崩和石滚。1941 年 4 月 20 日主震的能量估计为 10^{15} 焦耳(10^{22} 尔格), $M = 6½$ 。主震以后,在 1941 年期间,记到许多烈度达 6 和 7 度的余震。

哈依特的 10 度地震发生在 1949 年 7 月 10 日。其能量约 10^{17} 焦耳 ($M = 7.5$)。在它以前,7 月 8 日发生过烈度达 8 度($M = 5½$)的震动。哈依特地震的震中位于加尔姆以东 40 公里处。哈依特和加尔姆地震的极震区有一部分互相重迭。哈伊特地震时的地震波导致很大一部分山脉发生山崩,位于山脚下的哈依特城被破坏了。在哈依特郊外的许多斜坡上松土发生了崩滑。河谷中形成了强劲的激流。7 度等震线所包围的面积约 6,000 平方公里。

有一系列强烈地震发生在斯大林纳巴德城附近。1907 年 10 月 21 日卡拉塔格 10 度地震的震中位于该城以西 50 公里处,这是中亚细亚最强地震之一。在斯大林纳巴德,其烈度也达 7—8 度。7 度等震线所包的面积大致等于 80,000 平方公里,即接近于帕米尔的面积。在斯大林纳巴德东面(与卡拉塔格地震的距离相同的地方),有 1930 和 1943 年发生的两个法依查巴德 8—9 度地震的震中。它们的极震区不大,7 度等震线所围面积各约 40 平方公里。斯大林纳巴德以南 10—20 公里处,在不同时间发生过许多强达 7 度的地震。最后,在斯大林纳巴德本身,1952 年发生了一个 7 度的当地地震。可以认为这些现象和该地的地质特点总合起来标志着斯大林纳巴德